

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Курск, Россия

Кафедра биологической и химической технологии КГМУ
НИИ генетической и молекулярной эпидемиологии КГМУ
Кафедра микробиологии, вирусологии, иммунологии КГМУ

Самаркандский государственный медицинский университет,
г. Самарканд, Узбекистан

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
г. Гродно, Беларусь

Полесский государственный университет, г. Пинск, Брестская обл., Беларусь

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия

ФГБУ «НИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России, г. Москва, Россия



СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
по материалам
XV Международной научно-практической конференции
«БИОТЕХНОЛОГИЯ
И БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ»,
посвященной 90-летию
Курского государственного медицинского университета
и памяти профессора Л.П. Лазуриной
13 ноября 2025 года



Курск – 2025

**РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗАГРЯЗЕННЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРПАРАТОВ**

Ильичева А.С., Денисова Е.П., Смирнов К.А.

Омский государственный технический университет

Кафедра Биотехнология, технология общественного питания и товароведение

Научный руководитель – к.б.н., доцент Чачина С.Б.

Актуальность. Почва является критически важным и невозобновимым в короткие сроки природным ресурсом, от которого зависит продовольственная безопасность, устойчивость экосистем и здоровье человека. В настоящее время наблюдается загрязнение почвенного покрова нефтью и нефтепродуктами, тяжелыми металлами и пестицидами в результате деятельности нефтедобывающего и перерабатывающего комплекса, транспорта, сельского хозяйства и промышленности. Это выводит значительные площади земель из хозяйственного использования и создает устойчивые очаги экологической опасности.

Цель исследования – оценить эффективность применения микробиологических препаратов на основе штаммов-деструкторов для рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, путем изучения динамики разложения загрязнителей и восстановления почвенного плодородия.

Загрязнение почвы органическими углеводородами представляет собой одну из ключевых экологических проблем на глобальном уровне [1]. Это связано с их широким распространением, высокой устойчивостью, сложным химическим составом и токсичностью. В результате эти вещества накапливаются в окружающей среде до уровней, способных негативно влиять на живые организмы.

Материалы и методы исследований. Биоремедиация представляет собой высокоэффективный метод рекультивации загрязненных почв и подземных вод. В ходе эволюционного процесса некоторые микроорганизмы, преимущественно бактерии, приобрели способность метаболизировать ксенобиотики, используя их в качестве источника углерода, энергии или других необходимых нутриентов. Эти микроорганизмы демонстрируют исключительную пластичность и адаптивность к широкому спектру экологических условий, а также обладают способностью синтезировать разнообразные ферментные комплексы, что делает их биодegradирующую активность чрезвычайно многообразной и универсальной.

Биодegradация представляет собой процесс микробного разрушения сложных углеводородных соединений нефти до простых, нетоксичных продуктов за счет метаболической активности специализированных микроорганизмов. Данный процесс является основой для технологий биоремедиации и протекает в несколько взаимосвязанных стадий [2].

Нефтепродукты в почве часто находятся в форме труднорастворимых капель или пленок, что ограничивает их доступность для микроорганизмов. Для преодоления этого барьера углеводородокисляющие бактерии и грибы начинают продуцировать биосурфактанты. Микроорганизмы образуют многочисленные сообщества (биопленки) на поверхности нефтяных капель, что создает высокую локальную концентрацию ферментов и метаболитов.

Основной процесс дегradации осуществляется с помощью ферментных систем микроорганизмов. Моноксигеназы включают один атом молекулярного кислорода в субстрат, а второй восстанавливают до воды. Они играют ключевую роль в окислении алифатических углеводородов [3].

Основные пути окисления:

- Алифатические углеводороды: окисляются до соответствующих спиртов, затем через альдегиды до жирных кислот, которые далее поступают в β -окисление.
- Ароматические углеводороды: диоксигеназное расщепление бензольного кольца с образованием катехола или его производных, которые в дальнейшем метаболизируются до ацетил-КоА и сукцинил-КоА, вступающих в цикл трикарбоновых кислот.

Продукты начального окисления часто трансформируются через серию промежуточных реакций. В присутствии кислорода происходит полное минерализация углеводородов до CO_2 и H_2O с выделением энергии. Полное разложение органических веществ нефти до неорганических соединений (CO_2 , H_2O , NH_3) является конечной целью биодegradации, свидетельствующая о полном обезвреживании загрязнителя.

Результаты исследования.

После проведения рекультивации биологическим методом с использованием микроорганизмов-нефтедеструкторов с начальной концентрацией отработанного масла 50 г/кг, были проведены измерения концентрации остаточного масла.

Использовали метод ИК-спектрофотометрии (согласно ПНД Ф 14.1:2:4.168; МУК 4.1.1013-01 и НДП 20.1:2:3.40-08) включает несколько ключевых этапов. Сначала эмульгированные и растворенные нефтяные компоненты экстрагируются четыреххлористым углеродом. Затем происходит хроматографическое разделение нефтезагрязненной почвы от органических соединений других классов с использованием колонки, заполненной оксидом алюминия. В завершение количественное определение компонентов осуществляется по интенсивности поглощения С-Н связей в инфракрасном спектре.

В качестве объектов исследования использовались дождевые черви *Дендробена* и препараты микроорганизмов.

Таблица 1 – Измерение концентрации масла 50 гр/кг

	г/кг	Конечная концентрация нефтепродуктов, г/кг	Коэффициент эффективности, %
Контроль (вода)	50	43,05	13,9
Контроль + <i>Дендробена</i>	50	22,96	54,08
<i>Bacillus simplex</i> + <i>Дендробена</i>	50	1,82	96,36
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Дендробена</i>	50	5	90
<i>Bacillus cereus</i> + <i>Дендробена</i>	50	1,33	97,34
<i>Citrobacter freundii</i> + <i>Дендробена</i>	50	1,79	96,42
<i>Bacillus megaterium</i> + <i>Дендробена</i>	50	3,38	93,24
<i>Pseudomonas putida</i> + <i>Дендробена</i>	50	7,55	84,9
<i>Pseudomonas fluorescens</i> + <i>Дендробена</i>	50	1,6	96,8
<i>Lysinibacillus fusiformis</i> + <i>Дендробена</i>	50	9,5	81
<i>Bacillus palmilus</i> + <i>Дендробена</i>	50	13,4	73,2

Выводы. Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами является одной из самых сложных и многогранных проблем в сфере экологии и охраны окружающей среды. В последние годы наблюдается активное развитие технологий биоремедиации, направленных на восстановление нефтезагрязненных территорий, что свидетельствует о существенном прогрессе в данной области.

По полученным данным можно сделать выводы, что при использовании воды (контрольного образца) коэффициент эффективности составляет 13,9%. При внесении препарата «*Bacillus cereus*» совместно с червем *Дендробена* получаем лучший коэффициент очистки почвы 97,34%.

Так же лучшие показатели получили при применении препаратов с червем *Дендробена*: «*Bacillus simplex*» – 96,36%, «*Citrobacter freundii*» – 96,42%, «*Bacillus megaterium*» – 93,24%, «*Pseudomonas fluorescens*» – 96,8%.

Список литературы

1. Абросимов А.А. Экология переработки углеводородных систем / Под ред. М. Ю. Доломатова, Э. Г. Теляшева.: Химия, 2002.-608 с.
2. Ильичева А.С., Чачина С.Б., Денисова Е.П. определение биохимических свойств микроорганизмов нефтеструкторов в книге: Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства. Материалы 14-й Международной научно-технической конференции. Омск, 2024. С. 152-153. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67974811>
3. С. Б. Чачина, Е. П. Денисова, К. А. Смирнов Вермиремедиация нефтезагрязненных почв с использованием дождевых червей и микробиологических препаратов – нефтеструкторов / Актуальные вопросы энергетики : материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Россия, Омск, 23–24 мая 2024 г.) / Минобрнауки России, Ом. гос. техн. ун-т ; редкол.: П. А. Батраков (отв. ред.) [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2024. – с. 146-152 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67974810>